

Grundlagen Rechnernetze und Verteilte Systeme

SoSe 2012

Kapitel 0: Überblick und Einführung

Prof. Dr.-Ing. Georg Carle

Stephan M. Günther, M.Sc.

Nadine Herold, M.Sc.

Dipl.-Inf. Stephan Posselt

Fakultät für Informatik

Lehrstuhl für Netzarchitekturen und Netzdienste

Technische Universität München

Kapitel 0: Organisatorisches, Überblick und Schichtenmodelle

- 1 Die Vorlesung im Überblick**
 - Organisatorisches zur Vorlesung
 - Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

- 2 Geschichte des Internets**
 - Von der Entstehung bis zum heutigen Internet
 - Bedeutung des Internets für die Gesellschaft

- 3 Schichtenmodelle**
 - Was sind Schichtenmodelle?
 - Wozu sind Schichtenmodelle gut?
 - Das ISO/OSI-Modell

Organisatorisches zu Vorlesung und Übung

- ▶ Prof. Dr.-Ing. Georg Carle
- ▶ Email: carle@net.in.tum.de
- ▶ Raum: MI 03.05.054
- ▶ Sprechstunde: Mo 16:00 – 17:00 Uhr bzw. nach Vereinbarung



Übungsleitung:



- ▶ Stephan M. Günther, M.Sc.
- ▶ Email: guenther@net.in.tum.de
- ▶ Raum: MI 03.05.057
- ▶ Sprechstunde: jederzeit

- ▶ Nadine Herold, M.Sc.
- ▶ Email: herold@net.in.tum.de
- ▶ Raum: MI 03.05.044
- ▶ Sprechstunde: nach Vereinbarung



Vorlesungsbetrieb

Termine

- ▶ Mo 14:15 – 15:45, MI HS 1
- ▶ Di 10:15 – 11:45, MW 0001 (Gustav-Niemann-Hörsaal)

Zentralübung

- ▶ Nach Ankündigung findet anstelle einer Vorlesung eine Zentralübung statt
- ▶ Inhalte sind Programmieraufgaben sowie Klausurvorbereitung

Übungsbetrieb

Tutorübungen

- ▶ Wöchentliche Übungsblätter
- ▶ Bearbeitung während der Tutorübung in Kleingruppen
- ▶ Keine Anwesenheitspflicht / Hausaufgaben

Termine und Anmeldung zu den Tutorübungen

- ▶ Anmeldung über TUMOnline
- ▶ Anmeldung freigeschaltet ab morgen (17. April) um 19:00 Uhr
- ▶ Übungsbeginn in der 2. Vorlesungswoche (ab 23. April)

Vorläufige Gruppenliste Übersicht

Tag	Start ¹	Ende	Raum	Tutor	#	Sprache
Mo	08:00	10:00	03.07.023	Felix Kuperjans	1	deutsch
Mo	12:00	14:00	MI HS 2	Alexander Winkler	2	deutsch
Mo	12:00	14:00	00.08.036	Mathias Kanzler	3	deutsch
Mo	16:00	18:00	00.08.036	Mathias Kanzler	4	deutsch
Mo	16:00	18:00	00.08.059	Alexander Kurtz	20	english
Di	08:00	10:00	03.07.023	Maurice Leclair	5	deutsch
Di	12:00	14:00	00.08.036	Alexander Winkler	6	deutsch
Di	12:00	14:00	00.08.059	Maurice Leclair	7	deutsch
Di	12:00	14:00	02.13.010	Benedikt Engeser	14	deutsch
Di	16:00	18:00	00.08.059	Alexander Kurtz	8	english
Di	16:00	18:00	00.08.036	Tim Wiese	17	deutsch
Mi	08:00	10:00	03.07.023	Sebastian Hofstetter	9	deutsch
Mi	10:00	12:00	03.07.023	Sebastian Hofstetter	10	deutsch
Mi	12:00	14:00	03.07.023	Benedikt Engeser	11	deutsch
Do	08:00	10:00	03.07.023	Markus Reiter	21	deutsch
Do	10:00	12:00	00.08.059	Andreas Herzog	12	deutsch
Do	10:00	12:00	00.08.036	Vedat Levi Alev	18	deutsch
Do	12:00	14:00	00.08.059	Markus Reiter	13	deutsch
Do	12:00	14:00	00.08.036	Johannes Naab	22	deutsch
Fr	10:00	12:00	00.08.059	Tim Wiese	15	deutsch
Fr	10:00	12:00	00.08.055	Felix Kuperjans	19	deutsch
Fr	14:00	16:00	00.08.036	Johannes Naab	16	deutsch

¹ s.t / c.t. wird vom Tutor in der ersten Übung entschieden

Programmieraufgaben

Es gibt semesterbegleitend 4 Programmieraufgaben:

- ▶ Bearbeitung in Gruppen von **maximal 2 Personen**
- ▶ Anmeldung der Teams
 - ▶ bis spätestens 22. April
 - ▶ über diesen **Link**.
 - ▶ bzw. **Homepage zur Vorlesung (www.net.in.tum.de)** → Lehre → SoSe 12 → Vorlesungen → Informationen des Lehrstuhls → Formular
- ▶ Abgabe der Aufgaben über Subversion (Details folgen)
- ▶ Geplante Aufgaben:
 - 1 MATLAB-Aufgabe zu Kanalkodierung
 - 2 Implementierung von Traceroute in C
 - 3 Implementierung eines Client-/Server-Programms in C oder Java
 - 4 Implementierung eines Streaming Servers in C oder Java
- ▶ Abgabe der Programmieraufgaben via SVN (Versionsverwaltung)

Die Teilnahme an den Programmieraufgaben

- ▶ ist **freiwillig**
- ▶ aber **Bestandteil der Bonusregelung**. (→ Details folgen gleich)

Tutorgruppen zu den Programmieraufgaben

Infolge des unterschiedlichen Vorwissens der einzelnen Vorlesungsteilnehmer bieten wir zwei spezielle Tutorgruppen an:

Tag	Start ²	Ende	Raum	Tutor	#	Sprache
Mo	12:00	14:00	03.07.023	Hieu Dao	-	deutsch
Do	12:00	14:00	03.07.023	Hieu Dao	-	deutsch

- ▶ Beginn am Donnerstag, 3. Mai (danach wöchentlich)
- ▶ Keine Anmeldung notwendig
- ▶ [Konkrete Fragen / Probleme zu den Programmieraufgaben](#)
- ▶ [Kein](#) regulärer Tutorbetrieb (keine Tutoraufgaben)
- ▶ Bei Bedarf können weitere Gruppen bereitgestellt werden

²s.t / c.t. wird vom Tutor entschieden

Modulprüfung

- ▶ am Semesterende
- ▶ schriftlich, 90 Minuten, 85 Punkte
- ▶ zugelassene Hilfsmittel:
 - ▶ 1 beidseitig **handschriftlich** beliebig beschriebenes A4-Blatt (Kopien sind nicht zulässig)
 - ▶ nicht-programmierbarer Taschenrechner
 - ▶ Wörterbuch für ausländische Studenten
- ▶ Anmeldung über TUMOnline (tba)

Bonusregelung

- ▶ Erfolgreiche Bearbeitung von mind. 3 der 4 Programmieraufgaben
- ▶ Teilnahme an der Midterm-Prüfung
 - ▶ 45 Minuten, 15 Bonus-Punkte
 - ▶ Hilfsmittel wie in der Modulprüfung
 - ▶ Anmeldung über TUMOnline (tba)
- ▶ Der in der Midterm erzielte **Bonus wird nur dann angerechnet, wenn mind. 3/4 Programmieraufgaben erfolgreich** bearbeitet wurden.

Vorlesungsmaterialien

Die Vorlesungsmaterialien bestehen aus:

- ▶ Vorlesungsfolien
- ▶ Tutorübungen und Lösungsvorschläge
- ▶ Programmieraufgaben
- ▶ Skript (bislang Kapitel 0 – 1)

Bereitstellung der Vorlesungsfolien über die

- ▶ [Homepage zur Vorlesung \(www.net.in.tum.de\)](http://www.net.in.tum.de) → Lehre → SoSe 12

Bereitstellung der übrigen Unterlagen und zusätzlichen Literatúrauszügen

- ▶ SVN bzw. [Moodle \(www.moodle.tum.de\)](http://www.moodle.tum.de).

Forum für organisatorische Ankündigungen und inhaltliche Ergänzungen über

- ▶ [Moodle](#).

Die Anmeldung zum Moodle-Kurs erfolgt

- ▶ automatisch nach der [Anmeldung zur Vorlesung über TUMonline](#).

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 1: Physikalische Schicht

- 1 Signale, Information und deren Bedeutung
 - ▶ Was sind Signale?
 - ▶ Entropie und Information
- 2 Klassifizierung von Signalen
 - ▶ Zeit- und Frequenzbereich
 - ▶ Abtastung, Rekonstruktion und Quantisierung
- 3 Übertragungskanal
 - ▶ Einflüsse des Übertragungskanals auf Signale
 - ▶ Kapazität eines Übertragungskanals (Modell)
- 4 Nachrichtenübertragung
 - ▶ Quellen- und Kanalkodierung
 - ▶ Impulsformung
 - ▶ Modulation
- 5 Übertragungsmedien
 - ▶ Elektromagnetisches Spektrum
 - ▶ Koaxialleiter
 - ▶ Twisted-Pair-Kabel
 - ▶ Lichtwellenleiter

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 2: Sicherungsschicht

1 Darstellung von Netzwerken als Graphen

- ▶ Netztopologien
- ▶ Adjazenz- und Distanzmatrix
- ▶ Shortest Path Tree und Minimum Spanning Tree

2 Verbindungscharakterisierung, Mehrfachzugriff und Medienzugriffskontrolle

- ▶ Serialisierungs- und Ausbreitungsverzögerungen
- ▶ Nachrichtenflussdiagramme
- ▶ ALOHA und Slotted ALOHA
- ▶ CSMA, CSMA/CD und CSMA/CA
- ▶ Token Passing

3 Rahmenbildung, Adressierung und Fehlererkennung

- ▶ Erkennung von Rahmengrenzen und Codetransparenz
- ▶ Adressierung und Fehlererkennung
- ▶ Fallstudie: IEEE 802.3u (FastEthernet)

4 Verbindungen auf Schicht 1 und 2

- ▶ Hubs, Bridges und Switches
- ▶ Collision und Broadcast Domains

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 3: Vermittlungsschicht

1 Vermittlungsarten

- ▶ Leitungsvermittlung
- ▶ Nachrichtenvermittlung
- ▶ Paketvermittlung

2 Adressierung im Internet

- ▶ Internet Protocol (IP)
- ▶ Adressauflösung (ARP)
- ▶ Internet Control Message Protocol (ICMP)
- ▶ Adressklassen (Classful Routing)
- ▶ Subnetting (Classless Routing)

3 Routing

- ▶ Statisches Routing
- ▶ Longest Prefix Matching
- ▶ Dynamisches Routing
- ▶ Algorithmen von Bellman-Ford und Dijkstra
- ▶ Routingprotokolle (Distance Vector und Link State)
- ▶ Autonome Systeme

4 Nachfolge von IP(v4): IPv6

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 4: Transportschicht

- 1 Aufgaben der Transportschicht
- 2 Multiplexing durch Portnummern
- 3 Verbindungslose Übertragung: UDP
 - ▶ Case-Study: UDP
 - ▶ Code-Study: `SOCK_DGRAM` (C)
- 4 Verbindungsorientierte Übertragung
 - ▶ Sliding-Window-Protokolle (Go-Back-N und Selective Repeat)
 - ▶ Case-Study: TCP (Fluss- und Staukontrolle)
 - ▶ Code-Study: `SOCK_STREAM` (C)
- 5 Network Address Translation (NAT)

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 5: Die Schichten 5 – 7

1 Sitzungsschicht

- ▶ Dienste
- ▶ Funktionseinheiten
- ▶ Synchronisation
- ▶ Quality of Service
- ▶ Performance Parameter

2 Exkurs: Kryptographie

- ▶ Symmetrische und asymmetrische Verfahren
- ▶ RC4 und DH76
- ▶ Zertifikate
- ▶ Transport Layer Security (TLS)

3 Darstellungsschicht

- ▶ Datenkompression (Huffman Code)
- ▶ Einheitliche Syntax (ASN.1, BER)

4 Anwendungsschicht

- ▶ Namensauflösung im Internet (DNS)
- ▶ Demos: DNS, HTTP, (Telnet)

Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

Kapitel 6: Verteilte Systeme

1 Homogene, skalierbare Paradigmen

- ▶ Message Passing Interface (MPI)
- ▶ MapReduce
- ▶ Pipes, netcat, DUP

2 Remote Procedure Call

- ▶ Funktionsaufrufe und Parameterkodierung
- ▶ Stubs, IDL, Binding
- ▶ Java RMI
- ▶ RPC/RMI

3 Shared Memory

- ▶ NUMA
- ▶ Virtueller Speicher
- ▶ Auslagerung
- ▶ Distributed Shared Memory
- ▶ Konsistenz in parallelen Programmen

4 Einbettung in Programmiersprachen

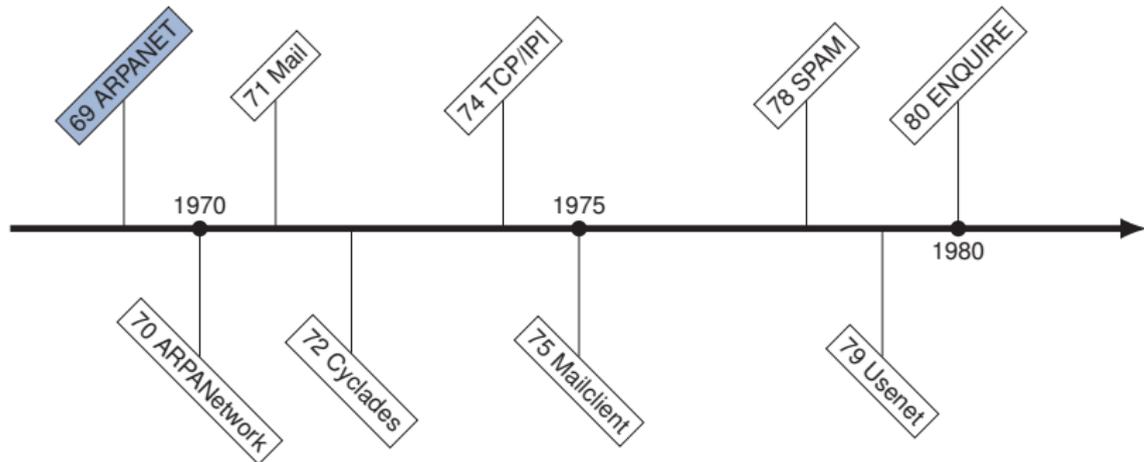
- ▶ Erlang
- ▶ Actor Model

Zurück zu Kapitel 0:

- 1 Die Vorlesung im Überblick
 - Organisatorisches zur Vorlesung
 - Zusammenfassung der einzelnen Kapitel
- 2 Geschichte des Internets
 - Von der Entstehung bis zum heutigen Internet
 - Bedeutung des Internets für die Gesellschaft
- 3 Schichtenmodelle
 - Was sind Schichtenmodelle?
 - Wozu sind Schichtenmodelle gut?
 - Das ISO/OSI-Modell

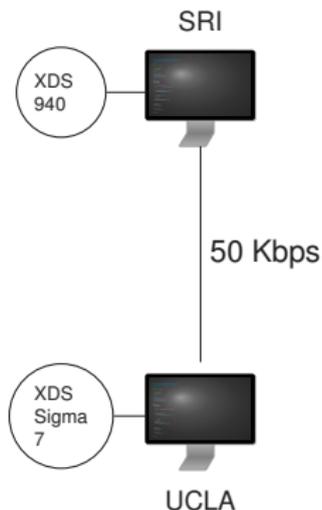
Von der Entstehung bis zum heutigen Internet

Geschichte des Internets: Übersicht bis 1980



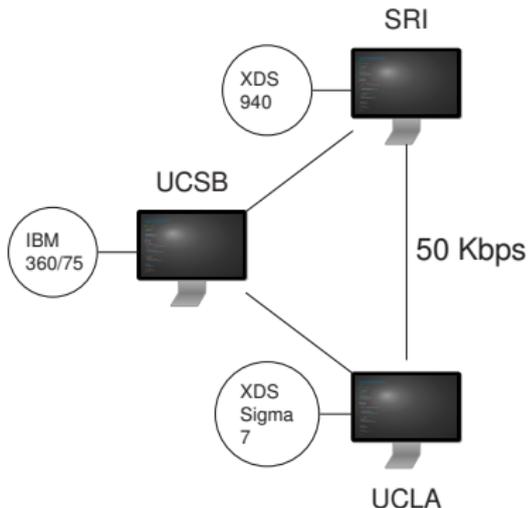
ARPANET mit den ersten 4 Knoten

- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969



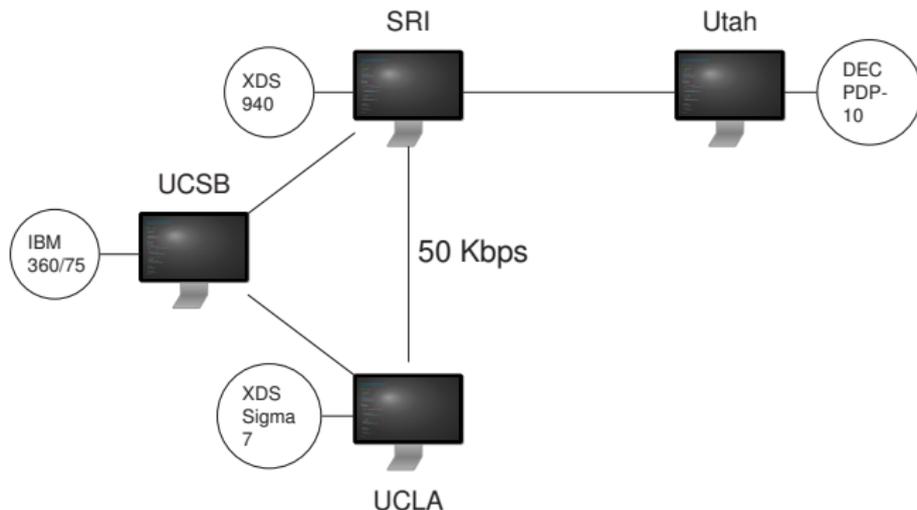
ARPANET mit den ersten 4 Knoten

- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969
- ▶ UC Santa Barbara (UCSB) 1.11.1969



ARPANET mit den ersten 4 Knoten

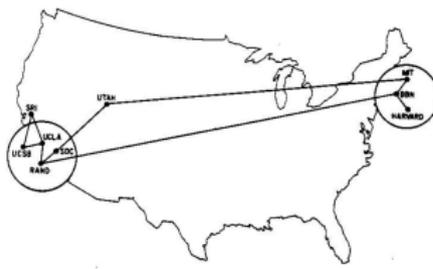
- ▶ University of California, Los Angeles (UCLA) 1.9.1969
- ▶ Stanford Research Institute (SRI) 1.10.1969
- ▶ UC Santa Barbara (UCSB) 1.11.1969
- ▶ Universität von Utah 12.1969



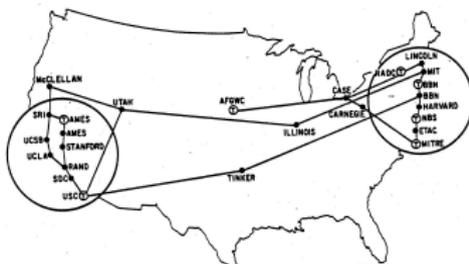
ARPANET von 1969 bis 1977



ARPANET 1969, 4 Knoten



ARPANET 1970, 9 Knoten

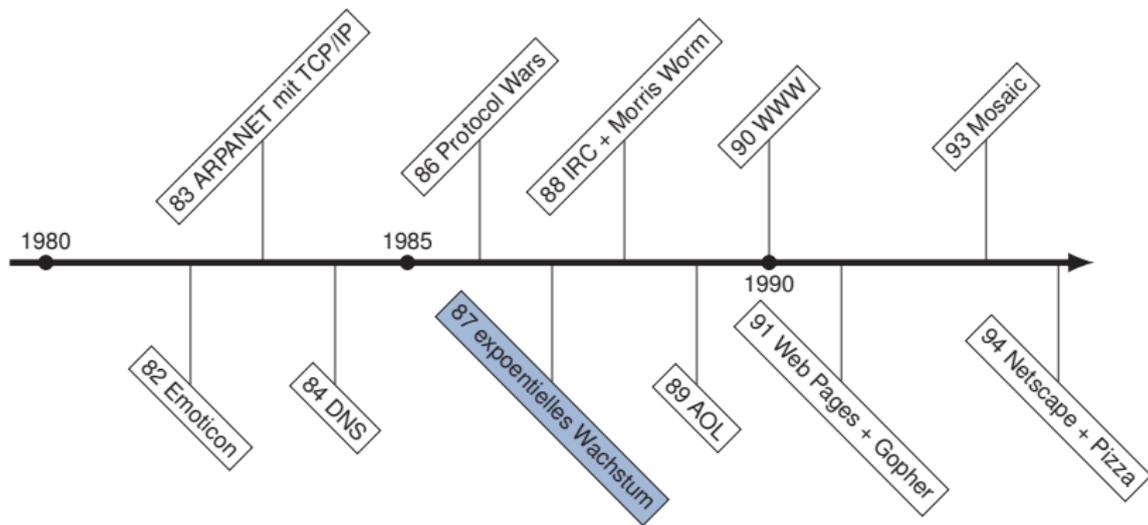


ARPANET 1972, 25 Knoten

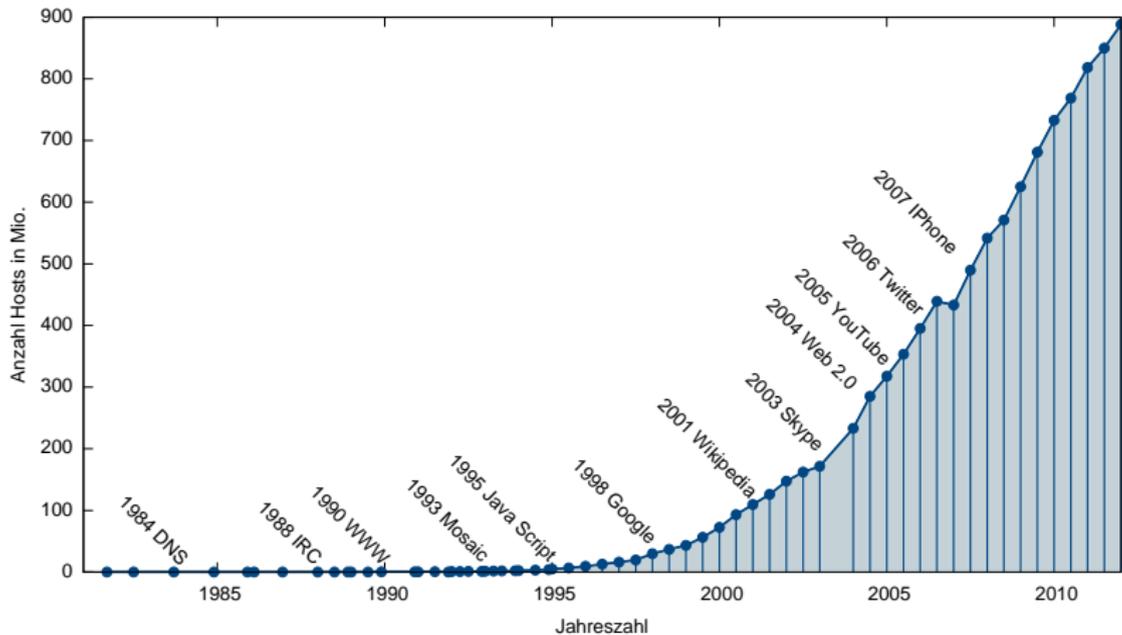


ARPANET 1977, 58 Knoten

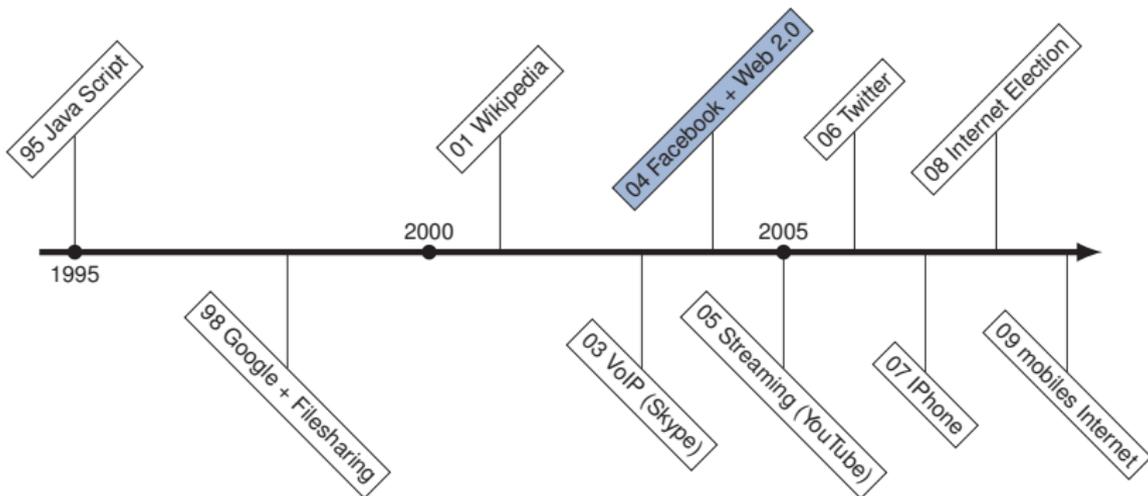
Geschichte des Internets: Übersicht von 1980 bis 1994



Anzahl der Hosts von 1981 bis 2012



Geschichte des Internets: Übersicht ab 1994



Web 2.0 Meme Map

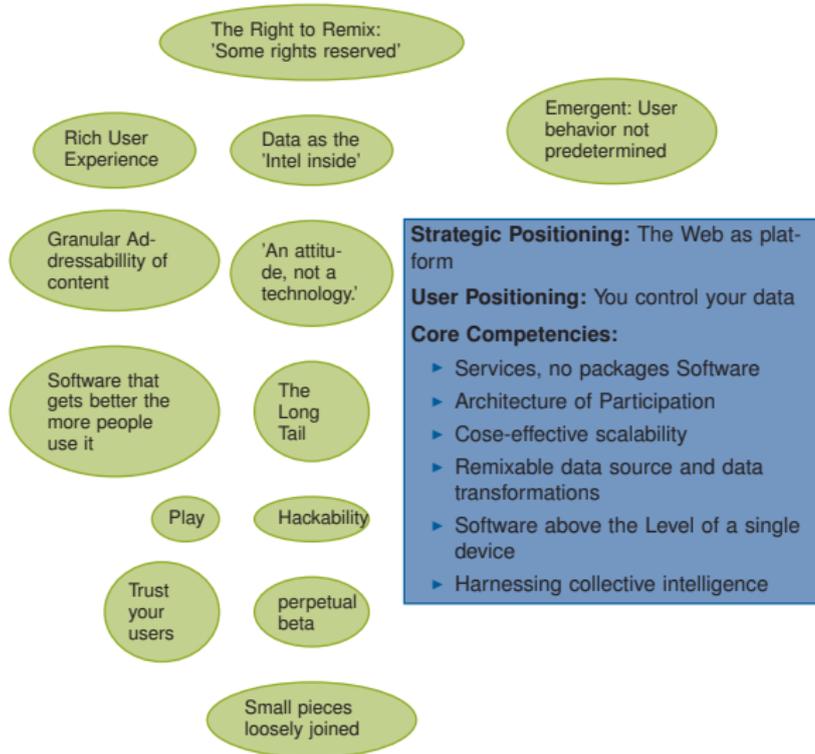
Strategic Positioning: The Web as platform

User Positioning: You control your data

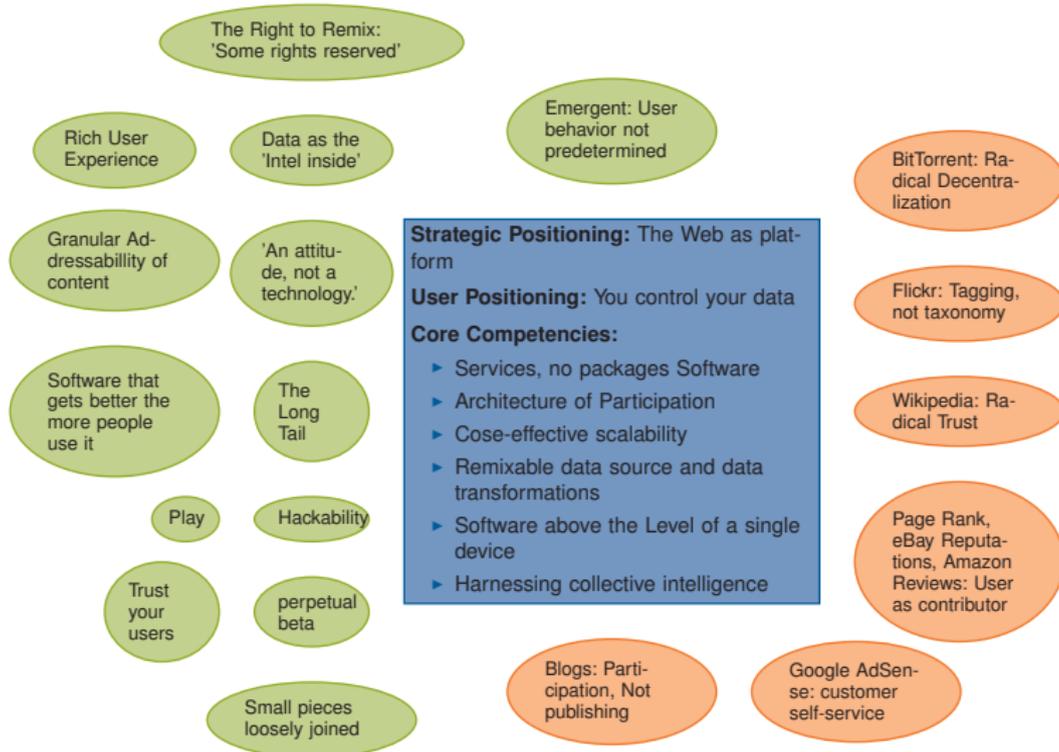
Core Competencies:

- ▶ Services, no packages Software
- ▶ Architecture of Participation
- ▶ Cost-effective scalability
- ▶ Remixable data source and data transformations
- ▶ Software above the Level of a single device
- ▶ Harnessing collective intelligence

Web 2.0 Meme Map



Web 2.0 Meme Map

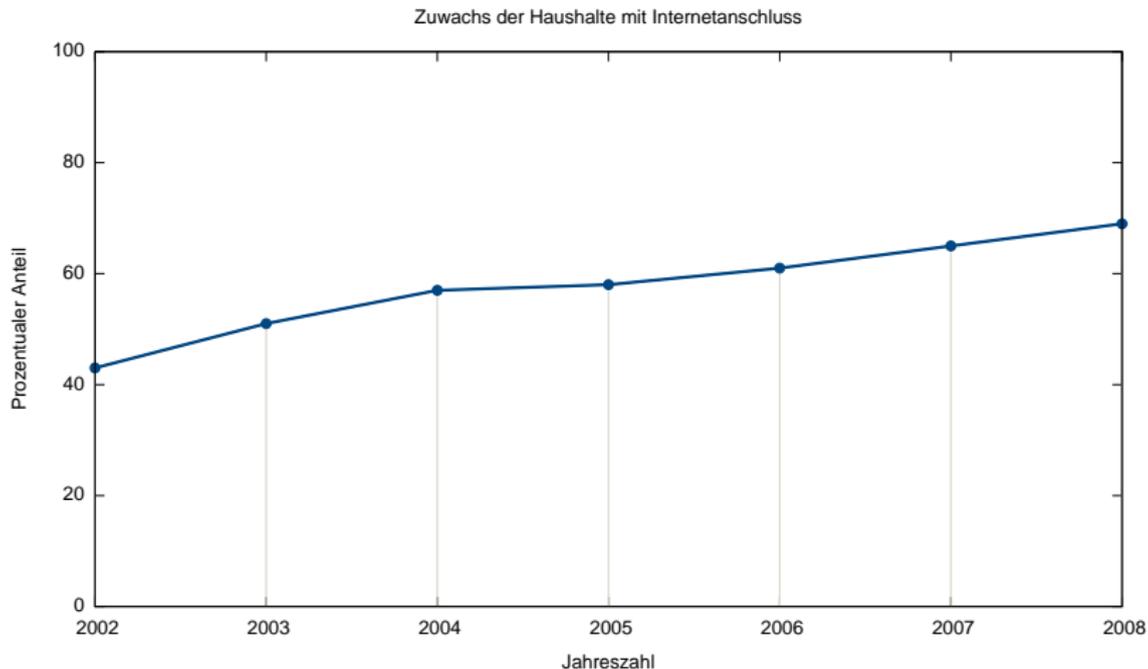


Das Internet Heute

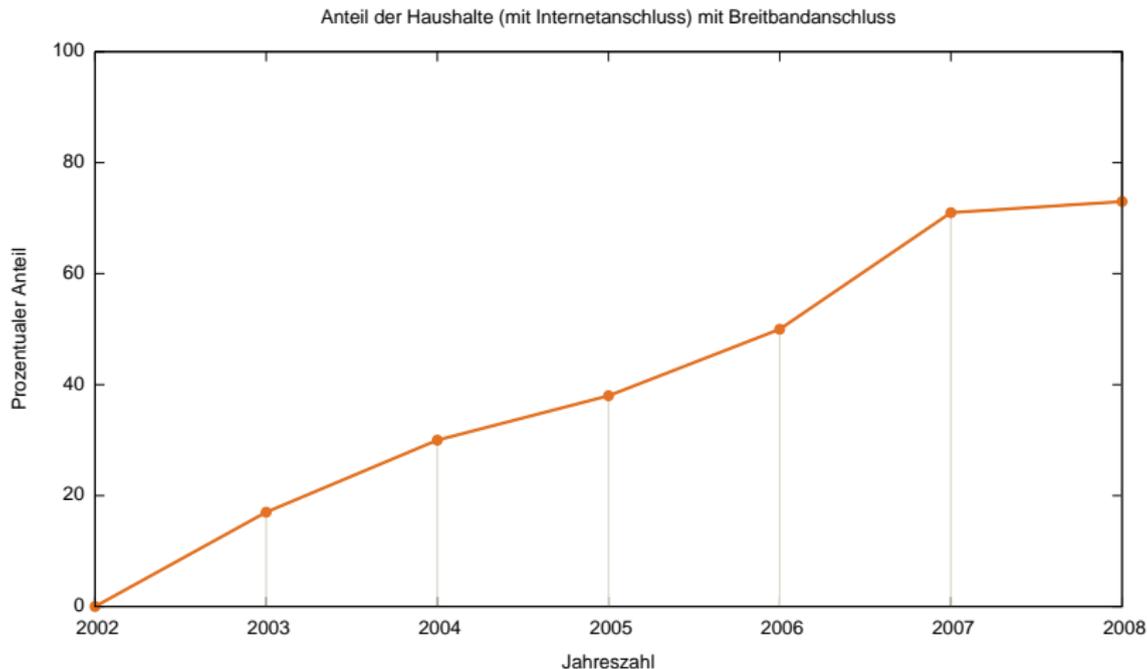


Internet 2007 [1]

Bedeutung des Internets für die Gesellschaft

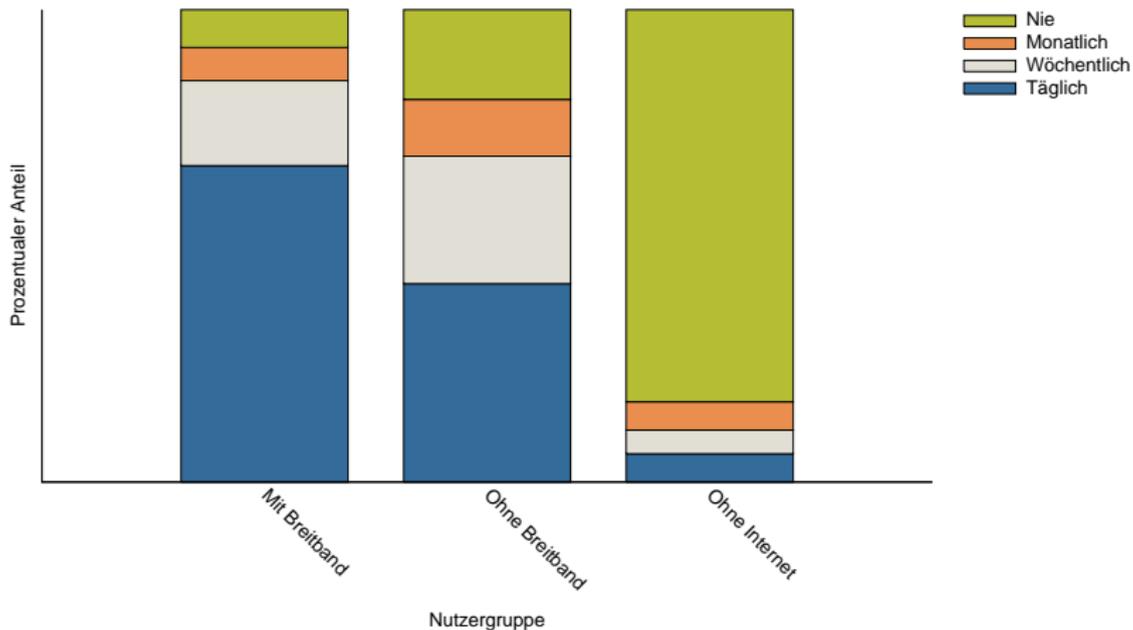


Bedeutung des Internets für die Gesellschaft

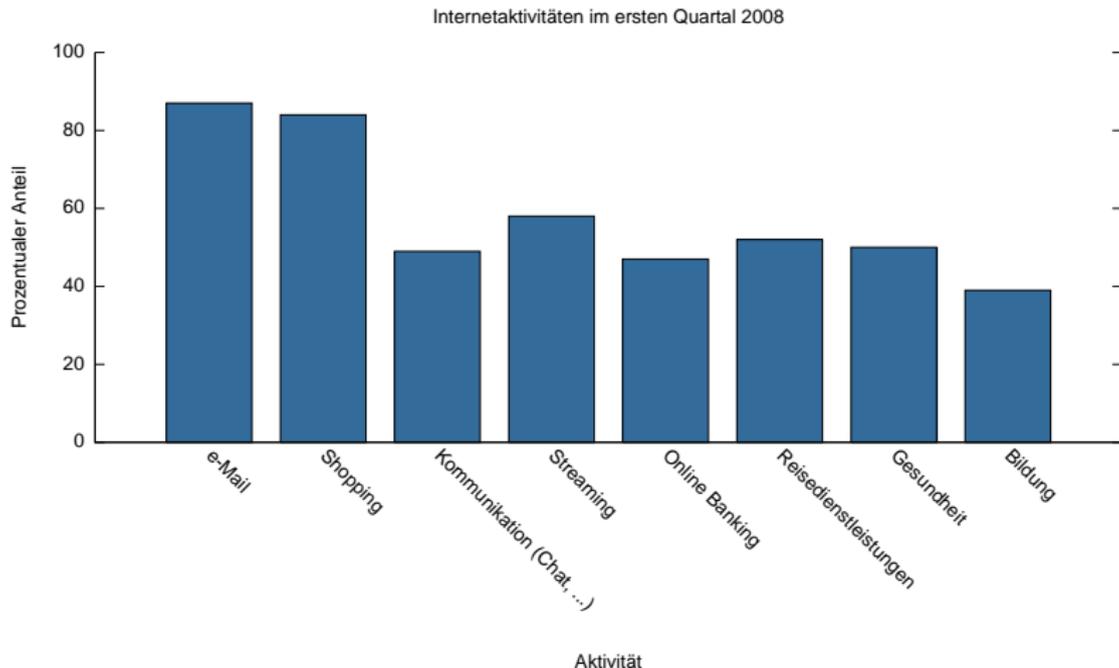


Bedeutung des Internets für die Gesellschaft

Häufigkeit der Internetnutzung durch Personen im ersten Quartal 2008



Bedeutung des Internets für die Gesellschaft



Inhalt

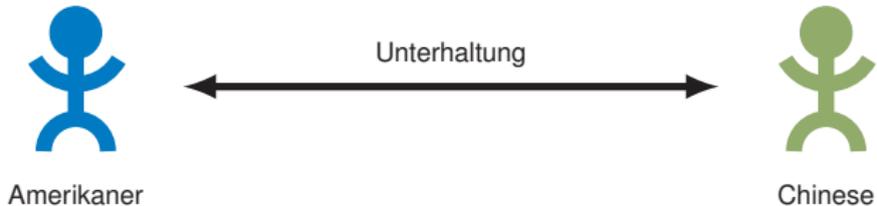
- 1 Die Vorlesung im Überblick**
 - Organisatorisches zur Vorlesung
 - Zusammenfassung der einzelnen Kapitel

- 2 Geschichte des Internets**
 - Von der Entstehung bis zum heutigen Internet
 - Bedeutung des Internets für die Gesellschaft

- 3 Schichtenmodelle**
 - Was sind Schichtenmodelle?
 - Wozu sind Schichtenmodelle gut?
 - Das ISO/OSI-Modell

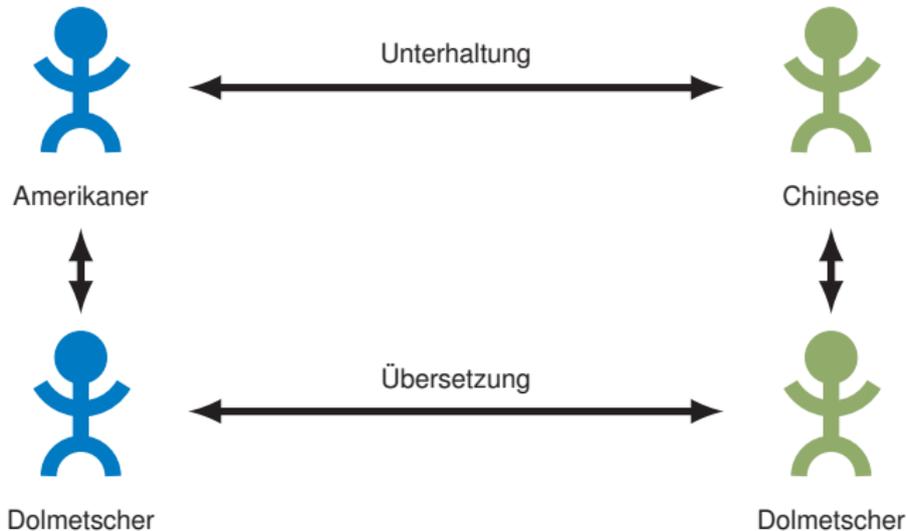
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



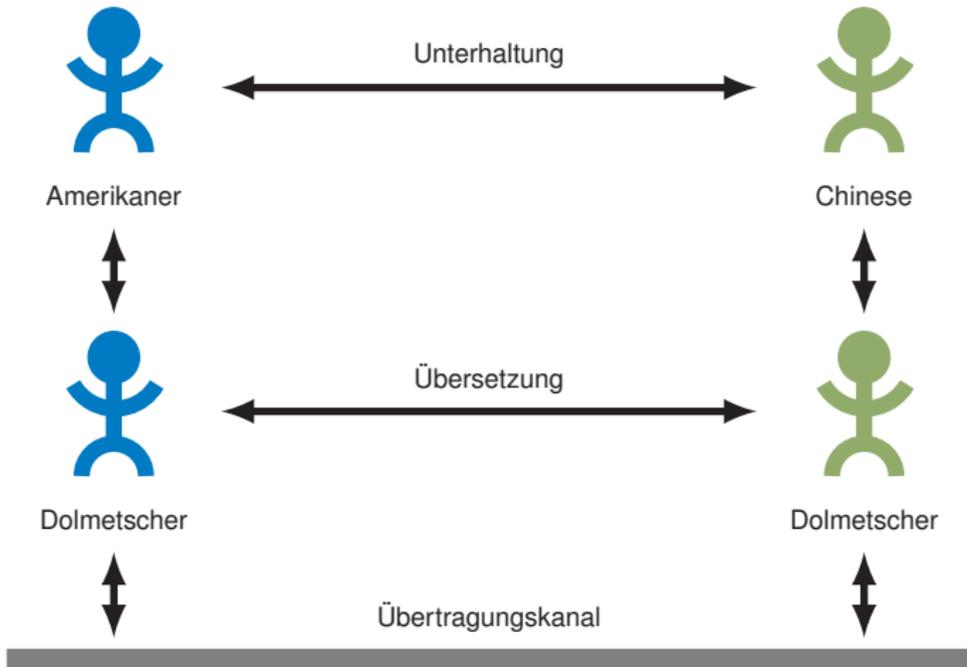
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



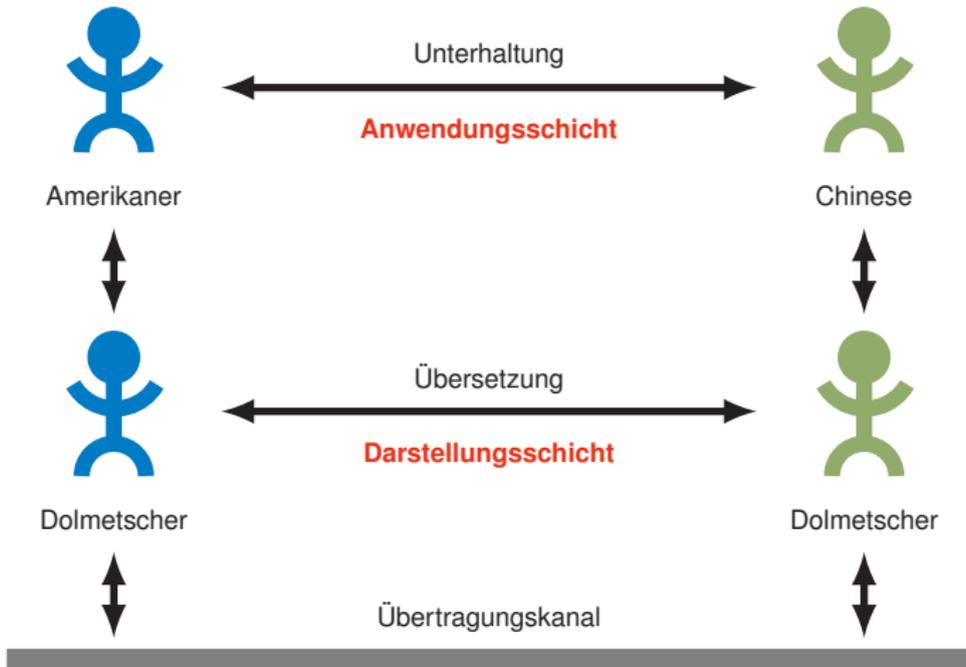
Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



Was sind Schichtenmodelle?

Ein einfaches Beispiel:



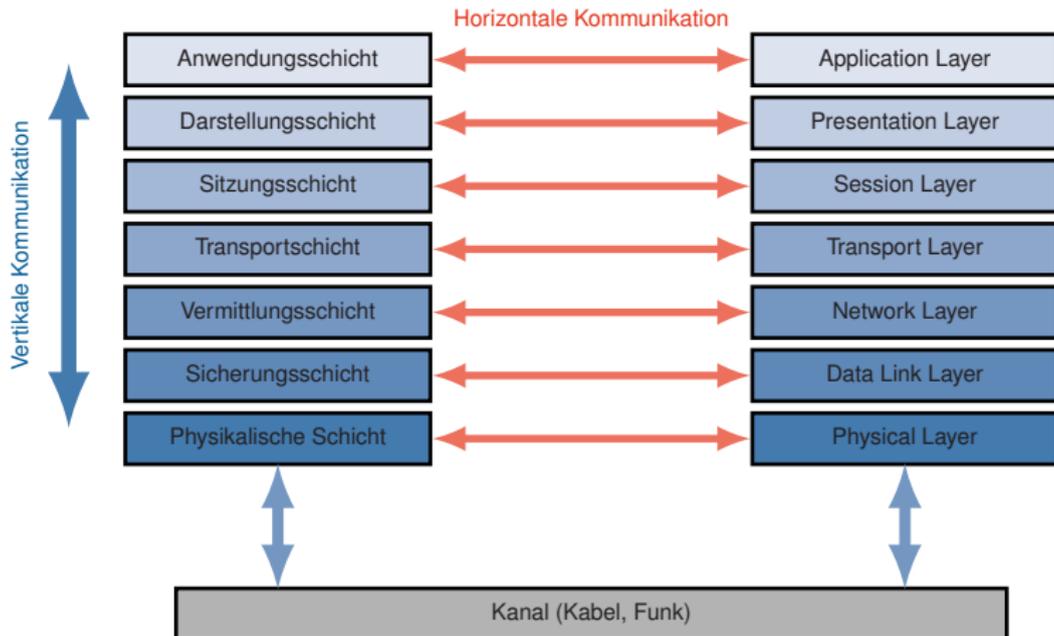
Wozu sind Schichtenmodelle gut?

- ▶ Unterteilung des komplexen Kommunikationsvorgangs
 - ▶ Niedrigere Schichten **bieten** höheren Schichten **Dienste an**
 - ▶ Höhere Schichten **nehmen Dienste** der jeweils niedrigeren Schicht **in Anspruch**
- ▶ Abstraktion von der Implementierung einer Schicht
 - ▶ Festlegung, **welche** Dienste angeboten werden, aber **nicht wie** sie erfüllt werden
 - ▶ Austauschbarkeit einzelner Implementierungen
- ▶ Anwendbar auf beliebige Kommunikationsvorgänge

Das ISO/OSI-Modell

- ▶ Entwickelt zwischen 1979 und 1983 von der *International Organization for Standardization (ISO)*
- ▶ OSI = *Open Systems Interconnect*
- ▶ Unterteilt den Kommunikationsvorgang in **7 Schichten**
- ▶ Jede Schicht erbringt bestimmte Dienste (z. B. Aufteilen einer Nachricht in kleinere Pakete)
- ▶ Keine Aussage, wie diese Dienste zu erbringen sind

Schematische Darstellung des OSI-Modells:



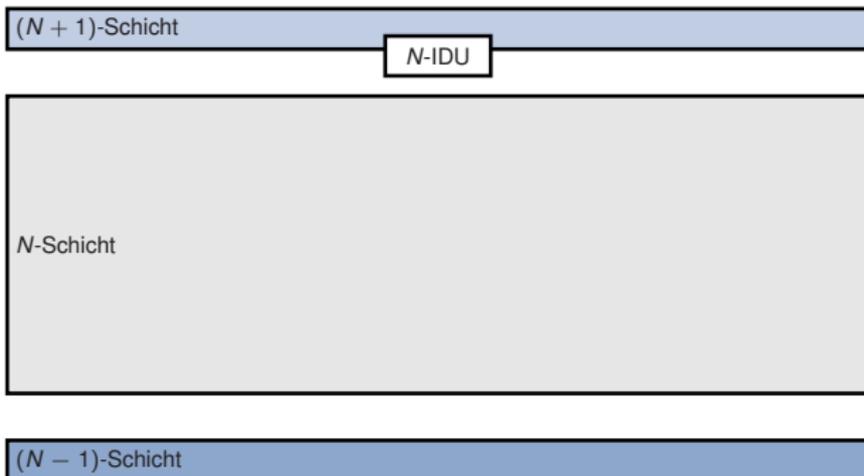
Datenaustausch zwischen Schichten

$(N + 1)$ -Schicht

N -Schicht

$(N - 1)$ -Schicht

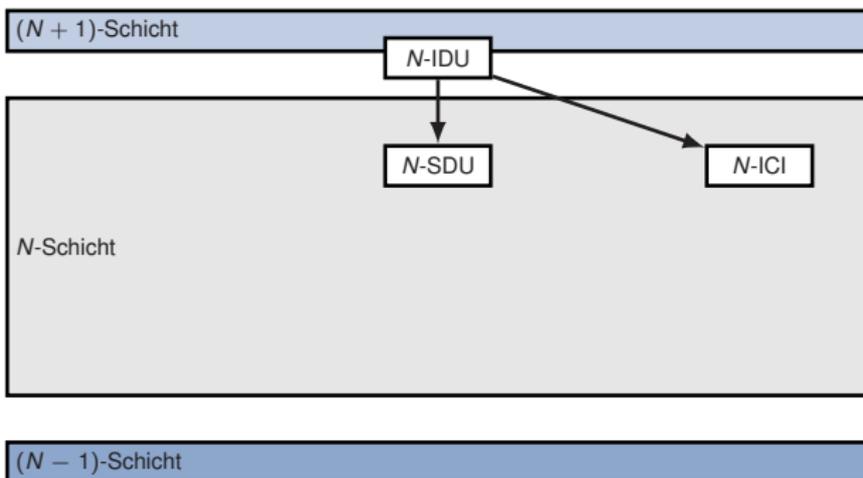
Datenaustausch zwischen Schichten



(N + 1)-Schicht nimmt Dienste der N-Schicht in Anspruch:

- ▶ N-Schicht erhält eine **Interface Data Unit (IDU)** von der (N + 1)-Schicht.

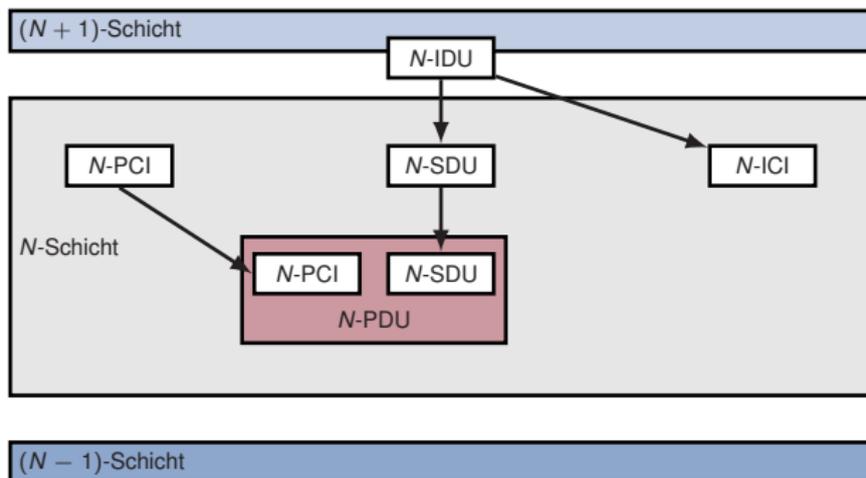
Datenaustausch zwischen Schichten



N -IDU enthält aus Sicht der N -Schicht

- ▶ Nutzdaten (**Service Data Unit (SDU)**) und
- ▶ Kontrollinformationen (**Interface Control Information (ICI)**), welche zum Erbringen des Dienstes notwendig sind (z. B. Adressinformationen).

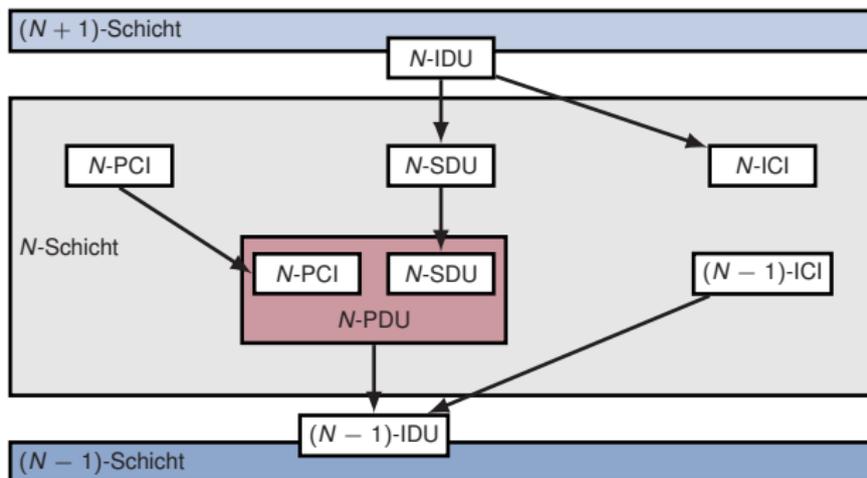
Datenaustausch zwischen Schichten



N-Schicht

- ▶ erbringt auf der *N*-SDU die angeforderten Dienste,
- ▶ fügt sog. **Protocol Control Information (PCI)** für die *N*-Schicht der gegenseite hinzu und
- ▶ erzeugt so aus PCI und SDU die **Protocol Data Unit (PDU)**.

Datenaustausch zwischen Schichten



N -Schicht fordert nun Dienste der $(N - 1)$ -Schicht an indem

- ▶ $(N - 1)$ -ICI erzeugt und
- ▶ zusammen mit der N -PDU

als $(N - 1)$ -IDU der nächst niedrigeren Schicht übergeben werden.

Üblich ist der Begriff **Protocol Data Unit (PDU)**, welcher auf der N -Schicht

- ▶ die (ggf. bearbeiteten) Nutzdaten der $(N - 1)$ -Schicht sowie
- ▶ protokollspezifische Informationen (PCI) der N -Schicht

bezeichnet. Die PCI wird dabei häufig in Form eines **Headers** den Nutzdaten vorangestellt.

PDU's einiger Schichten haben eigene Bezeichnungen. Man spricht von

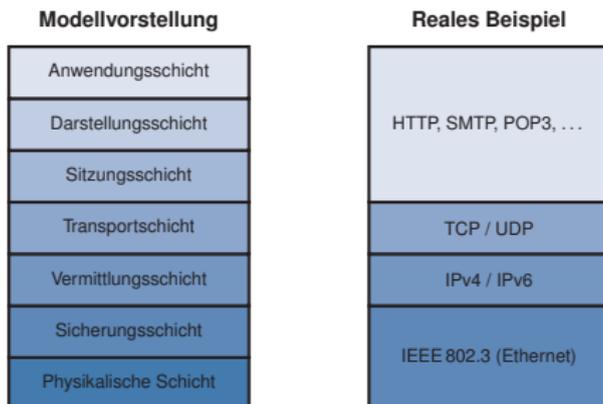
- ▶ **Segmenten** auf der Transportschicht,
- ▶ **Paketen** auf der Vermittlungsschicht bzw.
- ▶ **Rahmen** (engl. **Frames**) auf der Sicherungsschicht.

Die Unterscheidung ermöglicht es, implizit die gerade betrachtete Schicht anzugeben.

Insbesondere die Unterscheidung zwischen Rahmen und Paketen ist in der Literatur häufig fließend.

Schwächen des ISO/OSI-Modells

- ▶ Die Trennung der Schichten widerspricht manchmal anderen Interessen (z. B. der Effizienz)
- ▶ Einige Protokolle sind daher nicht klar einer bestimmten Schicht zuzuordnen oder arbeiten sogar auf mehreren Schichten ([Cross Layer](#))
- ▶ Die Zuordnung von Protokollen auf einzelne Schichten hängt häufig von der Betrachtungsweise ab



Eine kurze Übersicht zum ISO/OSI-Modell finden Sie in [2].

Literaturhinweise und Quellenangaben

- [1] Harrison, C.: World City-to-City Connections.
<http://www.chrisharrison.net/index.php/Visualizations/InternetMap>.
- [2] Stein, E.: Taschenbuch Rechnernetze und Internet, Kapitel Das OSI-Modell, Seiten 22–28.
Fachbuchverlag Leipzig, 2. Auflage, 2004.
Auszug s. Moodle/SVN.